

А.П. ЗОЛОТНИЦКИЙ, А.Н. ОРЛЕНКО, А.И. ПЕКЕРМАН

РОСТ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЛИЧИНОК ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS* THUNBERG), ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ В ЧЕРНОЕ МОРЕ

Исследованы линейный рост и интенсивность дыхания личинок тихоокеанской устрицы, полученных в условиях Черного моря. Рост личинок описывается экспоненциальным уравнением вида $y = a(1 - e^{-bx})$. Удельная скорость роста варьирует в пределах 0,082-0,134 и обусловлена температурой воды. Интенсивность дыхания личинок растет в изометрической зависимости от длины и массы тела. Рассчитаны суточные рационы личинок на стадии велигер и педивелигер, которые соответственно составляют 0,256 и 5,04 мкал·сут.⁻¹. Чистая эффективность роста (коэффициент K_2) составляет 55-65%.

Тихоокеанская (японская, гигантская) устрица (*Crassostrea gigas* Thunberg) является одним из наиболее ценных объектов марикультуры и в настоящее время акклиматизирована в различных странах Европы и Америки [Раков, 1979; Орленко, 1994; Quayle, 1969].

По данным ФАО этот вид доминирует в общей продукции мировой марикультуры (около 3,0 млн. т), что и обуславливает перспективность его интродукции и культивирования в коммерческих целях.

В связи с проблемой расширенного воспроизводства тихоокеанской устрицы в Черном море и разработкой биотехнологии массового получения спата в искусственных условиях большое значение приобретает исследование физиологии ранних стадий онтогенеза — от зрелых половых клеток до оседающих на субстрат личинок.

В задачу настоящей работы входило изучение роста и определение уровня энергетического обмена у личинок тихоокеанской устрицы на разных стадиях развития — от трохофоры до педивелигера, в условиях пониженной (17-18‰), по сравнению с естественным биотопом (33-35‰) солености Черного моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работу проводили в 1989-1990 гг. на э/базе ВНИРО "Большой Утриш". Индуцирование созревания и нереста производителей, оплодотворение и выращивание личинок осуществляли методами, описанными нами ранее [Орленко, Золотницкий, 1989].

Изучение линейного роста личинок происходило путем отбора проб в количестве не менее 30 экз. личинок, каждые 2-3 суток в процессе их выращивания до оседания на субстрат (стадия педивелигера). У особей под бинокуляром измеряли длину и высоту раковины с точностью до 1 мкм. Температура воды во время выращивания варьировала в пределах 18-23°C.

Скорость потребления кислорода (СПК) определяли в камерах, объемом 10-20 см³. За 3-4 часа перед опытом личинок концентрировали и переносили в профильтрованную и обработанную ультрафиолетом морскую воду. Для определения СПК личинок вместе с водой брали измерительным шприцем фиксированного объема, согласно методическим рекомендациям М.В. Проппа и др. [1975]. Концентрация личинок варьировала от 15 до $2,5 \cdot 10^3$ экз./мл в зависимости от стадии развития и объема респирометра. Для контроля за биологическим потреблением кислорода в отдельный шприц такого же объема набирали чистую, без личинок, воду. Концентрацию кислорода определяли микрометодом Винклера с точностью 1%. Продолжительность опыта составляла 4-6 часов, температура воды варьировала в пределах $22 \pm 1^\circ\text{C}$.

Массу сухого вещества личинок определяли путем концентрирования пробы личинок и осаждения их на предварительно высушенные и взвешенные фильтры. Для удаления солей фильтр с личинками промывали дистиллированной водой с уксуснокислым аммонием, после чего выдерживали в сушильном шкафу при температуре 70°C в течение 2-х суток. После взвешивания и определения суммарной массы сухого вещества подсчитывали общее число личиночных раковин и определяли их длину и высоту. При расчете энергетического баланса было принято, что 1 мл O_2 и 1 мг сухой массы тканей личинок составляет 4,86 кал.

Статистическая и графическая обработка полученных данных проводилась с использованием компьютерного программного пакета "Statgraph".

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение линейного роста личинок тихоокеанской устрицы показало, что в целом он хорошо описывается экспоненциальным уравнением вида:

где L_t и L_0 — длина (мкм) личинки соответственно в начале и конце исследуемого периода роста за время t (сут.), k — удельная скорость роста.

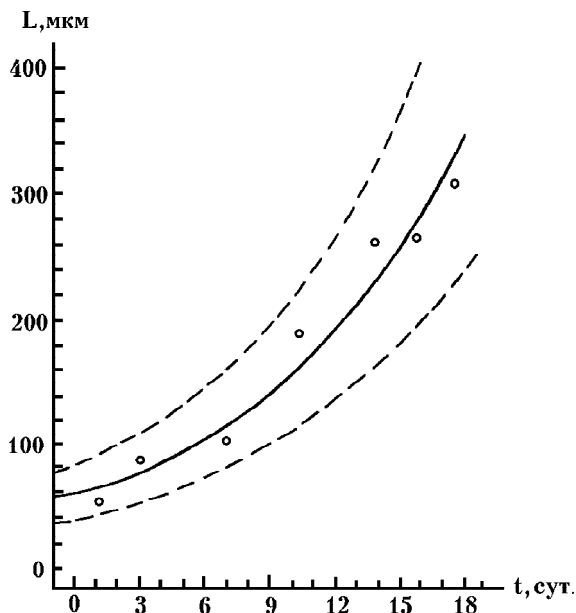


Рис. 1. Линейный рост тихоокеанской устрицы в Черном море. Штриховые линии — 95% доверительных интервалов)

В основном, небольшие отклонения от экспоненциальной зависимости во время роста наблюдались на переходных стадиях — от трохофоры к велигеру и от велигера к великонху (рис. 1). Таким образом, на ранних стадиях онтогенеза изменение длины происходило с постоянной удельной скоростью роста. В то же время, в зависимости от температуры воды величина k варьировала от 0,082 (18°C) до 0,134 сут.⁻¹ (23°C). Коэффициент Q_{10} , указывающий на зависимость скорости индивидуального развития личинок от температуры воды, составил величину 3,1. В целом, продолжительность

развития личинок этого вида устриц в Черном море укладывалась в интервалы времени их развития и роста в естественном местообитании (13-30 сут.) [Раков, 1979].

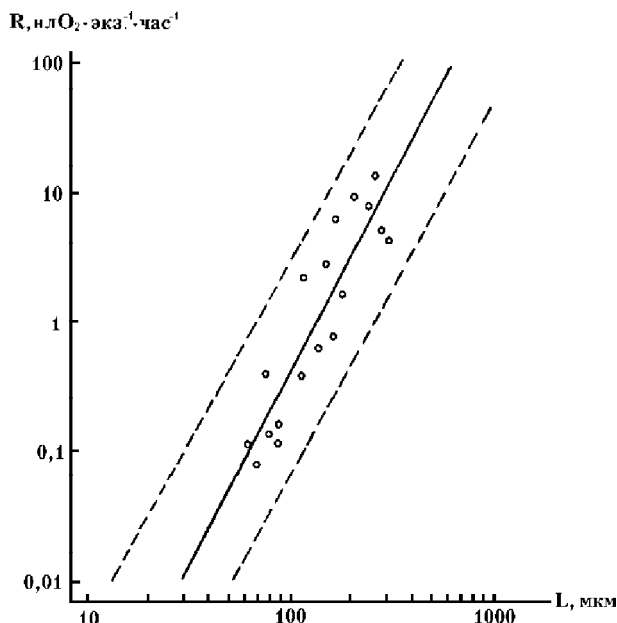


Рис. 2. Связь скорости потребления кислорода (R) с длиной личинок (L). Штриховые линии — 95% доверительный интервал

Сходные изменения длины личинок в процессе роста имеют место и у других видов моллюсков [Bayne, 1983]. Как отмечал В.Е. Заика [1985], именно экспоненциальный рост широко распространен у морских беспозвоночных в эмбриональный и пелагический периоды жизни.

Изучение скорости потребления кислорода (СПК) личинками устриц показало, что в течение их роста СПК возрастает от 0,07 до 10-13 нл·экз.⁻¹·час.⁻¹ (рис. 2). В общем виде связь СПК с длиной тела

хорошо аппроксимируется степенной функцией в численной форме, имеющей следующий вид:

$$\text{при } r=0,908, \quad (1)$$

где R — скорость потребления кислорода (нл·экз.⁻¹·час.⁻¹), L — длина личинки (мкм), r — коэффициент корреляции.

Из приведенного уравнения видно, что СПК по мере увеличения длины личинок растет практически в изомерической зависимости по отношению к размеру тела.

Изучение изменений сухой массы личинок устриц в зависимости от длины личинок (с раковиной) показало, что эту связь можно описать уравнением параболы (рис. 3):

$$\text{при } r=0,905, \quad (2)$$

где W — сухая масса личинки (с раковиной), мкг.

Для того, чтобы СПК выразить через массу тела, можно воспользоваться несложными преобразованиями:

$$\text{если } R=aL^b, \text{ а } W=mL^n, \text{ то} \quad (3)$$

Подставляя численные значения параметров уравнений (1) и (2) в (3) получаем:

$$(4)$$

Из приведенного уравнения (4) видно, что СПК по отношению к массе, как и к длине тела, растет фактически в линейной зависимости. Полученные данные несколько отличаются от общепринятого положения о наличии аллометрии, т.е. снижении интенсивности дыхания по

мере роста массы тела [Винберг, 1966; Алимов, 1981 и др.]. В то же время, как указывает В.Е. Заика [1985] "...когда с увеличением размеров

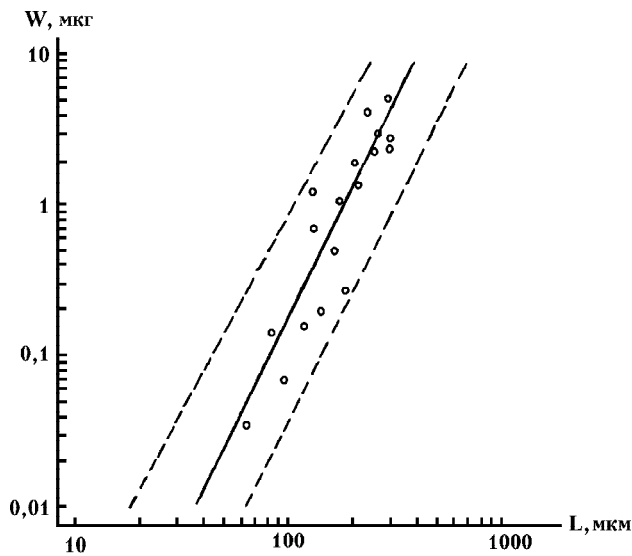


Рис. 3. Связь длины (L) с массой (W) личинок тихоокеанской устрицы. Штриховые линии — 95 % доверительный интервал

животного удельная скорость роста не снижается, то не наблюдается также снижения удельных скоростей питания и интенсивности дыхания" (стр. 48). Это же самое отмечает и К. Шмидт-Ниельсен [1987] при анализе влияния размеров животных на их жизнедеятельность. Дополнительным подтверждением возможности изомерии СПК с массой тела служат данные Гердеса [Gerdes, 1983], который при изучении дыхания личинок этого же вида показал, что связь СПК с сухой массой мягких тканей личинок описывается

уравнением, где степенной коэффициент также близок к 1, хотя в целом уровень их метаболических процессов, судя по материалам этого автора, по сравнению с нашими данными, был почти в 1,5 раза ниже.

На основе полученных данных можно рассчитать некоторые биоэнергетические характеристики личинок в процессе их роста. Общеизвестно, что ассимилированная организмом энергия (A) равна:

$$A = P + R,$$

где P и R — соответственно траты энергии на прирост и энергетический обмен.

В то же время суточный рацион (C) равен:

$$C = A \cdot U^{-1},$$

где U — усвояемость пищи личинками.

При расчете энергетического баланса было принято, что сухая масса мягких тканей составляет 25% от общего сухого веса личинки [Baune, 1983; Gerdes, 1983], а энергетическая ценность раковины составляет 10% от общей калорийности тела [Mann, 1979]. Усвояемость пищи личинок была взята равной 0,75 [Gerdes, 1983]. Для определения суточного прироста использовали уравнение (рис. 1):

$$r=0,98, \quad (5)$$

которое отражает некоторые средние значения параметров роста, полученных при выращивании личинок. Поскольку для определения суточной продукции необходимы данные не по линейному, а по весовому росту, уравнение (5) было преобразовано. Если:

$$\text{то } W_t = L_0 \cdot m \cdot \exp(n \cdot k \cdot t), \quad \text{где } L_0, m, n, k — \text{const.}$$

Приняв $L \cdot m = W_0$, $n \cdot k = c$, уравнение весового роста принимает вид:

$$W_t = W_0 \cdot \exp(c \cdot t).$$

Подставляя значения параметров уравнения (2) в (5), получаем:

$$W = 0,03 \cdot \exp(0,298 \cdot t). \quad (6)$$

Суточный рацион определяли на стадии велигера (100-120 мкм) и педивелигера — перед оседанием на субстрат и метаморфозом (300-340 мкм). Расчеты показали, что для велигеров энергия прироста (P) составила 0,125, затраты на метаболизм (R) — 0,067, ассимилированная энергия (A) — 0,192 мкал/сут, а величина суточного рациона (C) — 0,256 мкал/сут. Соответственно для педивелигеров эти значения были следующими: P=2,10, R=1,69, A=3,79 и C=5,04 мкал/сут. Таким образом, при увеличении длины личинок в 3 раза, суточный рацион возрастает почти в 20 раз. Указанные величины, а также при необходимости рассчитанные промежуточные значения могут быть основой для кормления личинок на разных стадиях развития.

В связи с полученными данными представляло интерес оценить эффективность использования пищи на рост (коэффициент K_2), определяемый по формуле:

$$K_2 = P/A, \text{ где } A = P + R.$$

Расчеты показали, что для велигера эта величина равнялась 65%, а для педивелигера — 55,46%. Указанные значения K_2 сопоставимы с таковыми европейской устрицы (*Ostrea edulis* L.) и съедобной мидий (*Mytilus edulis* L.) [Gabbot, Holland, 1973].

ВЫВОДЫ

1. Рост личинок тихоокеанской устрицы, полученных в Черном море, хорошо описывается экспоненциальным уравнением вида:

В зависимости от температуры воды значение K варьирует от 0,082 до 0,134 сут.⁻¹.

2. Связь скорости потребления кислорода с сухой массой личинок удовлетворительно аппроксимируется уравнением параболы:

$$R = 2,61 \cdot W^{1,03}.$$

3. При увеличении размеров личинок в 3 раза суточный рацион увеличивается в 20 раз.

4. Эффективность использования пищи на рост K_2 у личинок на стадии велигер и педивелигер составляет 55-65%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. — Л.: Наука, 1981. — 248 с.
2. Винберг Г.Г. Скорость роста и интенсивность обмена у животных//Усп. совр. биол., 1966. Т. 61. № 2. — С. 274-293.
3. Заика В.Е. Балансовая теория роста животных. — Киев: Наукова думка, 1985. — 191 с.
4. Орленко А.Н. Гигантская устрица *Crassostrea gigas* (*Bivalvia*, *Mytiliformes*, *Crassostreidae*) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море//Зоол. ж-л, 1994. Т. 73. В. 1. — С. 51-54.
5. Орленко А.Н., Золотницкий А.П. Опыт получения спата японской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg), акклиматизируемой в Черном море//Тез. докл. международн. симпоз. по совр. проблемам марикультуры в социалистических странах. — М., 1989. — С. 68-69.
6. Пропп М.В., Денисов В.А., Погребов В.Б., Рябушко В.И. Экологическая система фиордовой губы Баренцева моря. 1. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика//Биол. моря, 1975. Т. 3. — С. 44-56.

7. Раков В.А. Актуальные вопросы культивирования тихоокеанской устрицы на Дальнем Востоке//Изв. ТИНРО, 1979. Т. 103. — С. 31-38.
8. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? — М.: Мир, 1987. — 259 с.
9. Bayne B.J. Physiological ecology of marine molluscan larve&//In: The Mollusca. V. 3. — Orlando est. Acad Press 1983. — P. 299-343.
10. Gabbot P.A., Holland D.L. Growth and metabolism of *Ostrea edulis* larve//Nature, 1973. V. 3. — P. 475-478.
11. Gerdes D. The pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part II. Oxygen consupcion of larve and adults//Aquaculture, 1983. V. 31. No 2. — P. 221-231.
12. Quayle D.B. Pacific oyster in British Columbia//Bull. Fish. Res Board of Canada, 1969. No 169. — 193 pp.
13. Walne P.R. Observation on the influence of food supply and temperature on the feeding and growth of the larve *Ostrea edulis* L.//Fish. Invest. Minist. of Agricult. Fish and Food, 1965. V. 24. — 45 p.